

# GALAKTİK DÖNME EĞRİSİ ve GÜNEŞİN UZAY HIZI

Zeki ASLAN

İnönü Üniversitesi, Malatya

## 1. Giriş

Evrende her cisim hareketli olduğundan bir mutlak başvuru çerçevesinin tanımlanması astronominin temel sorunlarından birisidir. Güneşin uzay hareketinden söz ederken başvuru çerçevesinin ne olduğu da belirtilmelidir. Bu konuda yeni ve beklenmedik sorunlar çıkmazsa, son sözü belki de Hipparcos ve Hubble Uzay Teleskobu uyduları söyleyecektir. Bu tarama makalesinde önce, Güneşin hareketini ilgilendirdiği ölçüde, Samanyolu sisteminin dönme eğrisinden söz edilecek sonra Güneşin Samanyolu içindeki hareketi tartışılacaktır. Daha sonra Güneşin dış galaksilere ve mikrodalga arkaalan ışınımına göre hareketi anlatılacaktır.

## 2. Galaktik Dönme Eğrisi

Görünen yıldızların çoğu yassı, kabaca eksensel simetrik galaktik disk denen bir yapı içinde bulunurlar. Disk yıldızları Samanyolu (galaktik) merkezi çevresinde yaklaşık dairesel yörüngelerde dolanırlar. Dairesel hız  $\theta(R)$ , galaktik merkez çevresinde ve galaktik düzlem içinde  $R$  yarıçaplı dairesel yörünge çizen bir cismin hızı olarak tanımlanır; merkezkaç kuvvetini Galaksinin kütleçekimi dengeler. Bu tanım eksensel simetriyi haiz galaksi için geçerlidir, yani

$$\theta^2(R) = R \frac{d\phi}{dR} = \frac{GM(R)}{R} \quad (1)$$

bura da  $\phi(R)$  Galaksinin potansiyeli,  $M(R)$  ise  $R$  içindeki kütlesidir.  $\theta$  nın  $R$  ye karşı çizilen grafiğine galaktik dönme eğrisi ya da kısaca 'dönme eğrisi' denir. Güneşin galaktik merkeze uzaklığı

$R_0$  ile gösterilir. Güneş komşuluğundaki dairesel hız  $\theta(R_0)=\theta_0$  bazan  $V_c$  ile de gösterilir.

Dönme eğrisinin yerel eğimini Oort sabitleri verir:

$$A = \frac{1}{2} \left( \frac{\theta}{R} - \frac{d\theta}{dR} \right) = -\frac{1}{2} R \frac{d\omega}{dR}$$

$$B = -\frac{1}{2} \left( \frac{\theta}{R} + \frac{d\theta}{dR} \right) = -\frac{1}{2} R \frac{d\omega}{dR} - \omega \quad (2)$$

Burada  $\omega$  galaktik merkez çevresinde açısal dönme hızıdır, yani

$$\omega(R) = \frac{\theta(R)}{R} = A(R) - B(R)$$

Öz hareketler ve radyal hızlardan  $A$  ve  $B$  nin yerel yani Güneş komşuluğundaki değerleri bulunabilir (bkz Mihalas ve Binney 1981) ve bunlar yardımıyla da açısal dönme hızı ile  $d\theta/dR$  nin yerel değerleri hesaplanabilir:

$$\omega_0 = \omega(R_0) = A - B, \quad \left( \frac{d\theta}{dR} \right)_{R_0} = -(A + B)$$

IAU (Uluslararası Astronomi Birliği) 1985 de Yeni Delhi'de yaptığı toplantıda Oort sabitleri için  $A=14,4 \pm 1,2 \text{ kms}^{-1} \text{ kpc}^{-1}$ ,  $B= -12,0 \pm 2,8 \text{ kms}^{-1} \text{ kpc}^{-1}$  kabul etmiştir (Kerr ve Lynden-Bell, 1986).

Galaktik diskte gazın tam dairesel hareket yaptığını varsayarak hidrojenin 21 cm gözlemlerinden  $R < R_0$  bölgesinde dönme eğrisi bulunabilir. Şekil 1 den kolayca gösterilebilir ki gazın Güneşten gözlenen radyal hızı

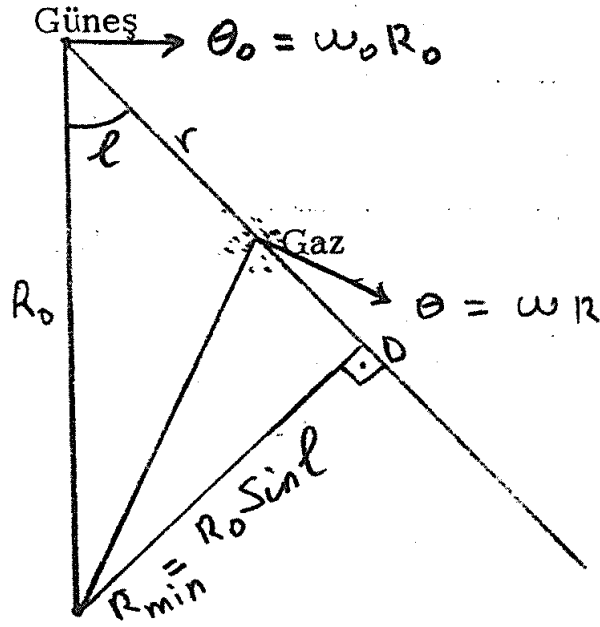
$$V_{R=R_0} = R_0 \left[ \omega(R) - \omega_0 \right] \sin \ell \quad (3)$$

ile verilir. Burada  $R_0$  ve  $\omega_0 = \theta_0/R_0$  güneş komşuluğundaki değerlerdir. Bunların bilindiğini varsayıyoruz. IAU,  $\theta_0=220 \pm 20 \text{ kms}^{-1}$ ,  $R_0=8,5 \pm 1,1 \text{ kpc}$  kabul etmiştir (Kerr ve Lynden-Bell, 1986).

Verilen bir doğrultuda  $V_R$  gözlenir;  $R_0$ ,  $\omega_0$  ve  $\ell$  bilindiğinden eşitlik (3) den  $\omega(R)$  hesaplanır. Ancak  $\omega(R)$  nin hangi  $R$  ye ait olduğu belli değildir. Eğer  $\omega(R)$ ,  $R$  nin azalan

fonksiyonu ise eşitlik (3) e göre  $R=R_{\min}=R_0 \sin l$  olan D noktasında radyal hız en büyük olacaktır. Bir başka deyişle D noktasında gaz varsa gözlenen maksimum radyal hız bu gaza ait olacaktır; bu gazın galaktik merkeze uzaklığı da biliniyor demektir. O halde  $R < R_0$  de yani  $0^\circ \leq l \leq 90^\circ$  ve  $270^\circ \leq l \leq 360^\circ$  bölgelerinde çeşitli boylamlarda maksimum radyal hız gözlenirse  $\omega(R)$  nin dolayısıyla  $\theta(R)$  nin R ile değişimi bulunmuş olur.

Bulutlardaki (çoğunlukla HI ve CO) iç çalkantı ve akım hızları, galaktik merkez doğrultusunda ( $-20^\circ < l < 20^\circ$ ) dairesel olmayan hızlar,  $75^\circ \leq l \leq 90^\circ$ ,  $270^\circ \leq l < 295^\circ$  yöresinde geometri nedeniyle (Şekil.1) hataların artması uygulamada güçlükler doğurur ve bunlar bir yolla hesaba katılmalıdır.(Ayrıntılar için örneğin bkz.Mayor 1970, Mihalas ve Binney 1981, Kerr ve Lyden-Bell 1986).



Galaktik Merkez  
Şekil.1

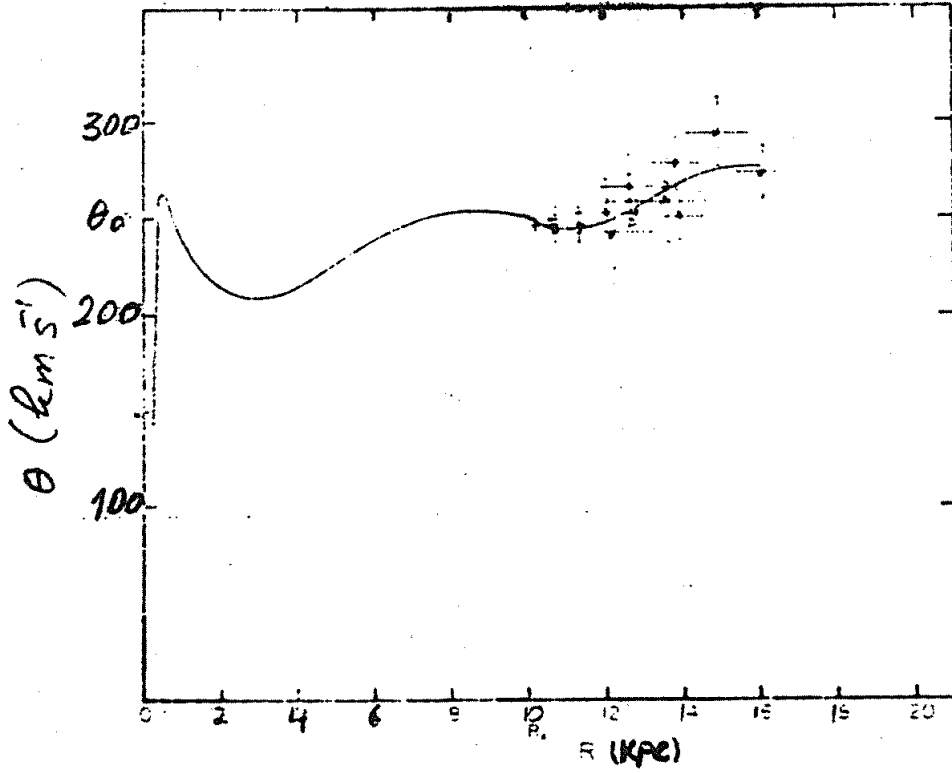
$R > R_0$  için bu yöntem kullanılamaz çünkü  $\omega(R)$ , R nin azalan fonksiyonu olduğundan eşitlik (3)'e göre  $V_R$  cebirsel olarak ya sürekli artar ya da sürekli azalır, dolayısıyla hesapla-

nan  $\omega(R)$  nin hangi R ye ait olduğu bulunamaz. Bu nedenle bu bölgede çeşitli cisimler için uzaklık ve radyal hız bağımsız olarak ölçülmelidir. Güneşe olan uzaklık r ölçülürse geometriden R kolayca hesaplanır. Gözlenen  $V_R$  den de  $\omega(R)$  bulunur. OB oymakları ve HII bölgeleri ile ilişkili molekül bulutları (CO), Sefeidler bu amaç için uygun cisimlerdir. Bu yolla son yıllarda dönme eğrisi  $R = 18-20$  kpc'e kadar gözlenebilmiştir (Blitz 1979(molekül bulutları-CO), Chini ve Wink 1984 (HII bölgeleri), Hron 1987 (genç galaktik kümeler)).  $R = 4-20$  kpc aralığında dönme eğrisinin hemen hemen düz olduğu gözlenmektedir ve belkide galaksinin dış kısımlarında yükselmektedir (Şek.2). Düz ya da yükselen dönme eğrisi, son yıllarda dış sarmal galaksilerin optik ve radyo gözlemlerinden elde edilen dönme eğrileri ile uyuşmaktadır (Şek.3).

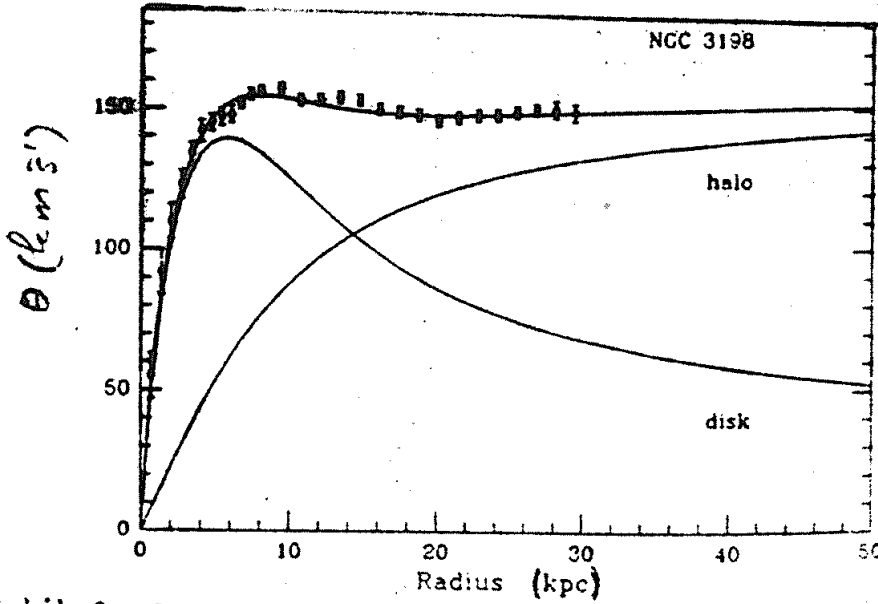
Düz dönme eğrisi için  $A = -B$  olmalıdır (bkz eşitlik 3). IAU'nun kabul ettiği değerler  $A = 14,4 \pm 1,2 \text{ kms}^{-1}\text{kpc}^{-1}$ ,  $B = -12,0 \pm 2,8 \text{ kms}^{-1}\text{kpc}^{-1}$  (Kerr ve Lynden-Bell 1986) ve FK5 sisteminde küçük hatalı öz hareketlerden yeni elde edilen Oort sabitleri  $P = +0.26 \pm 0.08/\text{yüzyıl}$ ,  $Q = -0.25 \pm 0.07/\text{yüzyıl}$  (Schwan 1988) yanılığlar içinde düz dönme eğrisine uygundur. Ancak A ve B (P ve Q) nin yerel cisimlerden elde edildiği, halbuki dönme eğrisinin sarmalardan, sarmal kolların etkileri gibi etkilerden arındırılmış ortalama eğri olduğu unutulmamalıdır (bkz.Burton 1976, Burton ve Gordon 1978, Mihalas ve Binney 1981).

### 3. Güneşin Öz Hızı

Genellikle yıldızlar tam dairesel yörüngelerde değillerdir. Galaktik dinamiği açısından genel olarak bir yıldızın, özel olarak Güneşin hızı fiziksel olarak en iyi galaktik koordinatlarda açıklanabilir (Şek.4). Galaktik merkez koordinat sisteminin merkezidir. U, Güneşten bakılınca merkez doğrultusunda, V galaksinin dönme



Şekil 2.  $R_0 = 10$  kpc ve  $\theta_0 = 250$   $\text{kms}^{-1}$  için Galaksinin dönme eğrisi.  $R < R_0$  bölümü Burton ve Gordon (1978) tarafından III ve CO gözlemlerinden, gözlem hataları ile işaretlenen noktalar HII bölgeleri ile ilişkili CO bulutlarından bulunmuştur (Blitz 1979).



Şekil 3. Sc galaksisi NGC 3198'in gözlenen dönme eğrisi ve iki model eğri (van Albada et al 1985).

doğrultusunda, W galaktik düzleme dik ve galaktik kuzey kutup doğrultusundadır. U ve V galaktik düzlem içindedirler. Bu sistemde  $(U,V,W) = (\delta,\theta,0)$  hızı ile hareket eden bir yıldız dairesel yörünge çizecektir. Güneş komşuluğunda tam  $\theta$  hızı ile hareket eden noktaya (local standard of rest) Yerel Başvuru Noktası (YBN) diyelim. Güneşin bu YBN'a göre hızına öz hız denir. Yani Güneşin öz hızı, onun dairesel hızdan sapmasına denir.

Bir yıldızın galaktik başvuru çerçevesine göre öz hızı

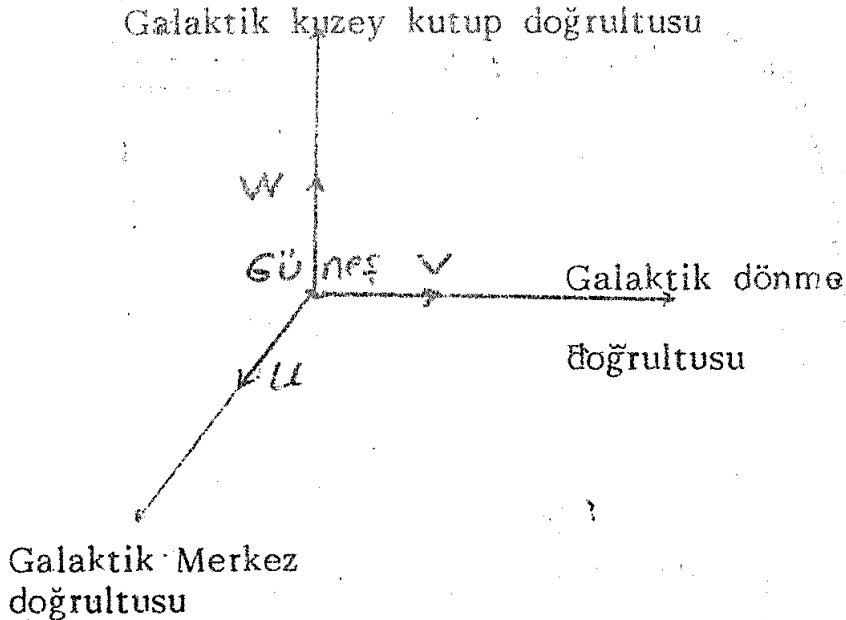
$$(u,v,w) = (U,V,W) - (0,\theta,0) = (U,V-\theta,W) \quad (4)$$

olacaktır, burada  $\theta$ , yıldızın kendi YBN'nın dairesel hızıdır. Yıldızın Güneşe olan uzaklığını yeteri kadar küçük varsayarsak  $\theta$  yerine  $\theta_{\odot}$  alabiliriz. Bu durumda Güneş komşuluğunda bir yıldızın öz hızı (4) için

$$(u,v,w) = (U,V - \theta_{\odot},W) \quad (5)$$

yazabiliriz. Aynı şekilde Güneşin öz hızı için

$$(u_{\odot},v_{\odot},w_{\odot}) = (U_{\odot},V_{\odot} - \theta_{\odot},W_{\odot}) \quad (6)$$



Şekil.4 Galaktik koordinat sistemi.

Güneşin öz hızını ya da galaktik merkeze göre hızını ölçmek kolay iş değildir çünkü gözlenen tüm hızlar (öz hareket ve radyal hız) Güneşe göredir, yani yıldızın hız vektörü ile Güneşin hız vektörünün ancak farkı gözlenebilmektedir. Bir yıldızın Güneşe göre hız bileşenleri  $u_x, v_x, w_x$  ise

$$\begin{aligned} (u_x, v_x, w_x) &= (u, v, w) - (u_\odot, v_\odot, w_\odot) \\ &= (U - U_\odot, V - V_\odot, W - W_\odot) \end{aligned} \quad (7)$$

yazılabilir.

Eğer galakside eksensel simetri varsa ve galaksi kararlı ise yani zamanla değişmiyorsa, ortalama olarak, galaksinin merkezi doğrultusunda içe doğru giden yıldızların sayısı dışa doğru gidenlerin sayısına, galaktik düzlemden her iki yönde yukarı doğru gidenlerin sayısı aşağı doğru gidenlerin sayısına eşit olmalıdır. O halde yeterli sayıda yıldız varsa bunların Güneşe göre hız bileşenlerinin ortalamaları şu koşulları sağlamalıdır:

$$\bar{u} = \bar{U} = 0, \bar{w} = \bar{W} = 0, \bar{V} \neq 0 \quad (8)$$

$\bar{V}=0$  olmayacaktır çünkü net dönme vardır. (7) eşitliğinin her iki tarafının çok sayıda yıldız için ortalaması alınır ve (8) kullanılırsa

$$\begin{aligned} (\bar{u}_x, \bar{v}_x, \bar{w}_x) &= (-U_\odot, \bar{V} - V_\odot, -W_\odot) \\ &= (-u_\odot, \bar{v} - v_\odot, -w_\odot) \end{aligned} \quad (9)$$

İlke olarak öz hareket ve radyal hızlardan her yıldız için  $u_x, v_x, w_x$  bileşenleri hesaplanıp istatistik ortalamalar alınabilir. Böylece  $v'_\odot \equiv -\bar{v}_x$  dersek Güneşe ait  $u_\odot, v'_\odot, w_\odot$  bileşenleri hesaplanmış olur:

$$(u_\odot, v'_\odot, w_\odot) = (-\bar{u}_x, -\bar{v}_x, -\bar{w}_x) \quad (10)$$

Görüleceği gibi bu yolla  $v_{\odot}$  bileşeni hesaplanamamakta yalnız

$$v'_{\odot} = v_{\odot} - \bar{v} \quad (11)$$

bulunabilmektedir.

Diğer taraftan Oort - Lindblad kuramına göre bir grup yıldızın galaktik merkez çevresindeki ortalama  $\bar{v}$  hızı ile dairesel hız arasındaki fark şöyledir (Oort 1965):

$$\bar{v} = \bar{v} - \theta_0 = \frac{\sigma_u^2}{2R_0(A-B)} \left[ \frac{\partial \ln \rho}{\partial \ln R} + \frac{\partial \ln \sigma_u^2}{\partial \ln R} + \left(1 - \frac{\sigma_v^2}{\sigma_u^2}\right) + \left(1 - \frac{\sigma_w^2}{\sigma_u^2}\right) \right] \quad (12)$$

Burada  $\sigma_u, \sigma_v, \sigma_w$  hız elipsoidinin eksenleri yani U, V, W doğrultularındaki hız dağılımları,  $\rho$  ise bu yıldızların birim hacimdeki sayılarıdır.  $\frac{\sigma_v^2}{\sigma_u^2} \cong 0.4-0.7, \frac{\sigma_w^2}{\sigma_u^2} \cong 0.5$  yöresinde,  $\frac{\partial \ln \rho}{\partial \ln R} \cong -3$  olduğundan (Oort. 1965, Schmidt 1965, Woolley ve diğ.1977, Aslan 1981) köşeli parantez içi eksidir.

$\bar{v} = -c \sigma_u^2$  ( $c > 0$ ) yazar ve bunu (II) de yerine koyarsak

$$v'_{\odot} = v_{\odot} + c \sigma_u^2 \quad (13)$$

olur. Buna Strömberg kayması denir. (Strömberg tarafından gözlemlerden 1924 de bulunmuştu).  $(v'_{\odot}, \sigma_u^2)$  bir doğru denklemi- dir.  $\sigma_u^2 = 0$  için  $v'_{\odot} = v_{\odot}$  olacağı açıktır ve gözlemlerden bulunabi- lir (Şek.5).

Bu yolla gözlemlerden Güneşin öz hızı için

$$(u_{\odot}, v_{\odot}, w_{\odot}) = (9, 11, 7) \text{ kms}^{-1}$$

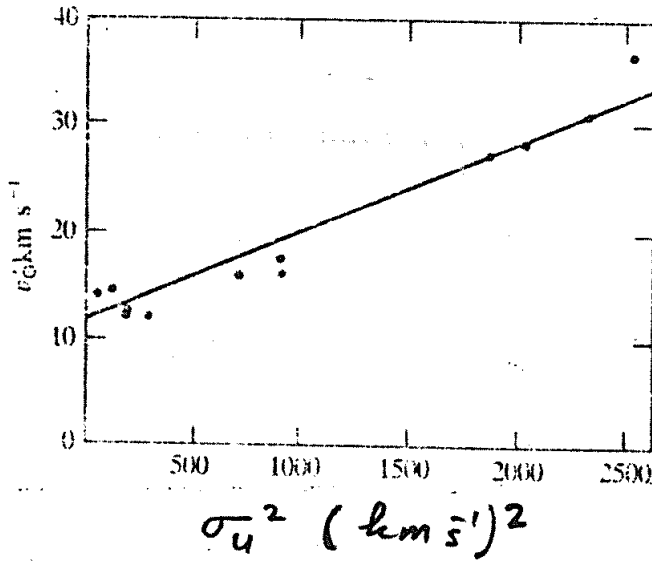
ya da

$$S = 16,5 \text{ kms}^{-1}, l = 53^{\circ}, b = 25^{\circ}$$

bulunmuştur. O halde Güneş dairesel hareketten önde, Galaktik düzlemde içe ve düzlemden yukarıya doğru gitmektedir.

Galaktik merkeze göre hız bileşenleri bu durumda şöyle





Şekil.5. Güneşin bir grup yıldız göre  $v$ ' hız bileşeninin  $\sigma_u^2$  ye bağlılığı.  $\sigma_u$  galaktik merkez doğrultusundaki hız dağılımıdır (bkz Mihalas ve Binney 1981).

olur:

$$(U_{\odot}, V_{\odot}, W_{\odot}) = (U_{\odot}, \theta_{\odot} + v_{\odot}, w_{\odot}) = (9, 232, 7) \text{ kms}^{-1}$$

ya da

$$S = 232 \text{ kms}^{-1}, l = 88^{\circ}, b = 2^{\circ}$$

#### 4. YBN'nin Galaktik Merkeze Göre Hızı

$\theta_{\odot}$  in çeşitli yöntemlerle son yıllarda hesaplanan değerleri Knap (1983), de Vaucouleurs (1983) ve Kerr ve Lynden Bell (1986) tarafından derlenmiştir. Kullanılan yöntemlerin çoğu az çok dolaylı yöntemlerdir. Ortak bir yaklaşım YBN'nin hareketini ortalama hareketi yaklaşık sıfır alınabilen ya da bilinen cisimlere göre hesaplamaktır, örneğin küresel kümeler, RR Lyrae yıldızları ya da genel öbek II cisimleri.

Son yıllarda  $\theta_{\odot}$  in belirlenen değerleri, çoğunluğu 220-230  $\text{kms}^{-1}$  yöresinde olmak üzere, 184  $\text{kms}^{-1}$  ile 275  $\text{kms}^{-1}$  arasındadır. Ortalama değer olarak 2.bölümde değinildiği gibi, IAU,  $\theta_{\odot} = 220 \pm 20 \text{ kms}^{-1}$  kabul etmiştir (Kerr ve Lynden-Bell, 1986). (Sistemik hatalar ve eksensel simetriden sapma olasılığı v.b. için örneğin bkz. Mihalas ve Binney 1981, Shuter 1981, Kerr ve Lynden-Bell 1986).

## 5. Güneşin Mutlak Uzay Hızı

Güneşin evrene göre mutlak uzay hızının ölçümü son yıllarda mümkün olmuştur. 2.7K mikrodalga arkaalan ışınımı eğer eşyönlü ise, mutlak eylemsiz başvuru çerçevesi oluşturmalıdır. Bu ışınım da zıt iki doğrultuda yönlülük gözlenmiştir. İki kutuplu bu yönlülük, Güneşin bu eylemsiz çerçeveye göre hareketi olarak yorumlanmaktadır. Bununla ilgili de Vaucouleurs ve Peters (1981) in derlemesi çizelge 1 de verilmiştir.\* Bunların ağırlıklı ortalaması son satırdadır.

Çizelge.1. Güneşin arkaalan ışınımına göre hareketi

V(kms <sup>-1</sup> )	l	b	
390 ± 60	248°	+56°	Smoot et al 1977
336 ± 81	288	+43	Corey 1978
401 ± 60	229	+67	Gorenstein 1979
332 ± 36	287	+61	Cheng et al 1979
401 ± 19	268	+51	" " " 1980
365 ± 20	265	+55	Ağırlıklı ortalama

Güneşin galaktik merkez çevresindeki hareketi  $S = 232$  kms<sup>-1</sup>,  $l = 90^\circ$ ,  $b = 0^\circ$  çizelge 1 deki ortalama hızdan çıkarılırsa Samanyolu sisteminin (galaksimizin) mikrodalga arkaalan ışınımına göre hızı bulunmuş olur:

$$V_{Gal} \approx 530 \text{ kms}^{-1}, l \approx 270^\circ, b \approx 30^\circ$$

Görüleceği gibi galaksi, Güneşin Galaksi içindeki hareketi ile (yani Güneşteki galaktik dönme ile) hemen hemen zıt yönde gitmektedir.

\* Berkeley ve Princeton da yapılan gözlemlerin D.T.Wilkinson tarafından IAU Symp.No.104,1983 ve "First ESO-CERN Sym 1984 de tartışıldığı literatürden anlaşılmaktadır ancak bunlar A.Ü ve ODTÜ kütüphanelerinde yoktur.

## 6. Güneşin Dış Galaksilere Göre Hızı

Mikrodalga arkaalan ışınımı tam eşyönlü ise bu özellik yukarıda değinildiği gibi evrensel başvuru çerçevesi olarak kullanılabilir. Güneşin bu ışınımına göre hızı şu bileşenlerin vektörel toplamı olarak düşünülebilir:

- (i) Güneşin Yerel Gruba göre hızı
- (ii) Yerel Grubun Süperkümeğe göre hızı
- (iii) Yerel Süperkümenin dış kümelere ve süperkümelere (3.mertebe kümelere) göre hızı
- (iv) 3. mertebe kümenin arkaalan ışınımına göre hızı

(i) ve (ii) gözlenebilir ancak (iii) ve (iv) şimdilik ayrılamamaktadır, fakat arkaalana göre hızdan (i) + (ii) toplamı çıkarılarak (iii) + (iv) toplamı bulunabilir.

### (i) Güneşin Yerel Gruba göre hızı

Yerel Grup (YG) galaksilerinin kütle merkezi ile hız merkezinin çakıştığı varsayılırsa, bu galaksilerin radyal hız ölçümlerinden Güneşin YG hız merkezine göre  $V_g$  hızı hesaplanabilir. Yani

$$V_g = \theta_o \hat{e} + \vec{V}_o + \vec{V}_G$$

Burada  $\theta_o$  YBN'nin galaktik merkez çevresindeki (dairesel) hızı,  $\hat{e}$  galaktik dönme doğrultusunda birim vektör,  $\vec{V}_o$  Güneşin öz hızı ve  $\vec{V}_G$  galaksinin kütle merkezinin YG kütle merkezine göre hızıdır.  $\vec{V}_o$  ( $16,5 \text{ kms}^{-1}$ ,  $l=53^\circ$ ,  $b=25^\circ$ ) bilindiğine göre  $\vec{V}_g$  nin ölçülen değeri  $\vec{V}_o$  dan kolayca arındırılabilir ve YBN'nin YG merkezine göre  $\vec{V}_{YBN}$  hızı kolayca bulunmuş olur:

$$\vec{V}_{YBN} = \theta_o \hat{e} + \vec{V}_G \quad (14)$$

$V_{YBN}$  nin çeşitli gözlemsel ölçümleri Çizelge 2 de verilmiştir. Görüleceği gibi çeşitli sonuçlar uyum içindedir. Yanılgıların büyük olması nedeniyle Güneş merkezli galaksi

hızlarını YG dan arındırmada kullanılacak hız için IAU nun ilgili komisyonu  $V_{YBN} = 300 \text{ kms}^{-1}$ ,  $l = 90^\circ$ ,  $b = 0^\circ$  kabul etmiştir.

Çizelge.2. Güneşin Yerel Gruba göre hareketi

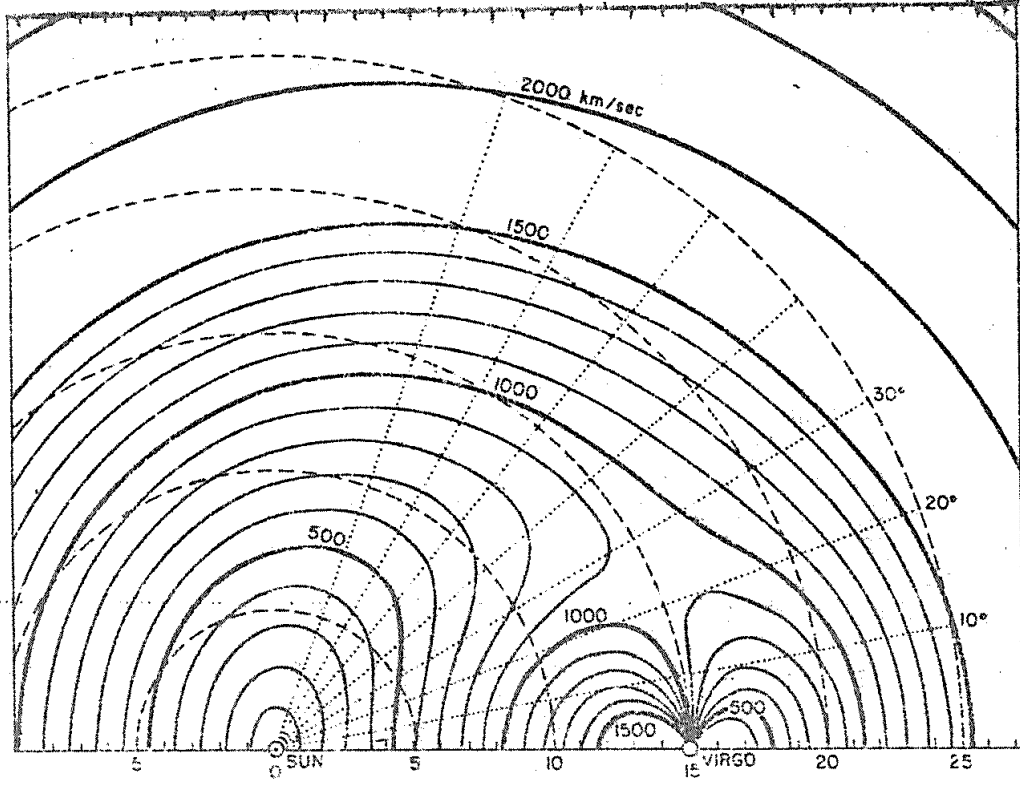
Cisimler	$V_{YBN}(\text{kms}^{-1})$	l	b	Kaynak
46 yüksek hızlı bu- tutlar(galaksiler arası)	$301 \pm 18$	$122 \pm 6$	$-15 \pm 3$	1
12 sınırlı YG	$342 \mp 37$	$98 \mp 6$	$-24 \mp 7$	2
21 genişletilmiş YG	$336 \mp 17$	$107 \mp 6$	$-16 \mp 4$	2
11 Sınırlı YG	$308 \mp 23$	$105 \mp$	$-7 \mp 4$	3
Samanyolu+M31	$304 \mp 50$	84	0	4
Ortalama	$317 \mp 17$	$103 \mp 5$	$-15 \mp 4$	

1. de Vaucouleurs 1976, 2. de Vaucoulaurs ve Carwing 1977, 3. Yahil Tamman ve Sandage 1977, 4. Lynden-Bell ve Lin 1977

$\theta_0$ , yani Güneşin Samanyolu merkezi çevresindeki dairesel hızı, bağımsız yöntemlerle belirlenirse Samanyolunun YG'a göre hızı  $\vec{V}_G$ , eşitlik (14) den hesaplanabilir. Gözlemlerden  $\theta_0 \sim 220 \text{ kms}^{-1}$  alınması  $l \sim 90^\circ$  doğrultusunda  $V_G \sim 80 \text{ kms}^{-1}$  olmalıdır. Galaksinin YG içindeki hızını Lynden-Bell  $V_G \sim 90 \text{ kms}^{-1}$  bulmuştur (bkz Tamman ve Sandage 1985).

#### (ii) Yerel Grubun Yerel Süperkümeye göre hareketi

Galaksi kümeleri galaksi gruplarından daha çok galaksi içerirler. Kümelerin oluşturduğu bir üst kümeleşme ise süperkümedir. Yerel süperkümenin merkezi yaklaşık olarak Virgo kümesi ile çakışmaktadır. Güneşe göre radyal hızlar ölçülerek, Hubble genişlemesi (Şek.6) çıkarıldıktan sonra artakalan varsa sistematik hızlardan Güneşin ve dolayısıyla Yerel Grubun bu süperkümeye göre hareketi bulunabilir. Uzaklıkları yaklaşık 50 Mpc den küçük olan galaksiler kullanılarak çeşitli araştırmacılar tarafından bulunan



Şekil 6. Virgo süperkümesinin bir modelinde galaksiler için eş hız eğrileri (sürekli çizgiler). Çizgili eğriler tedirgin edilmemiş Hubble akışını temsil eder. Güneş ve Virgo kümesinin merkezi yatay eksen üzerindedir. Uzaklık ölçeği  $100 \text{ kms}^{-1}$  tedirgin edilmemiş Hubble akışı cinsindedir (Tonry ve Davis 1981).

Çizelge 3. Yerel Grubun Yerel Süperkümeğe göre hareketi.

$V_{YG}(\text{kms}^{-1})$	l	b	Kaynak
255	Virgonun	$25^{\circ}$ kuzeyi	1
$220 \mp 50$	284	$+74^{\circ}$ (9 ayrı tayinin ortalaması)	2
300	Virgo doğrultusu		3
$387 \mp 81$	206	$72^{\circ}$	4
$229 \mp 80$	Virgo doğrultusu		5

1. de Vaucouleurs ve Peters 1981a,b; 2. Tammann ve Sandage 1985, 3. Aaronson ve diğ. 1986, 4. Lilje ve diğ. 1986, 5. Dressler 1984.

sonuçlar izelge 3 de verilmiştir. Görüleceği gibi Yerel Grubun Yerel Sperkmeye göre ortalama hareketi  $l \sim 284^\circ$ ,  $b \sim +74^\circ$  (Virgo) doğrultusunda  $V_{YG} \sim 250 \text{ kms}^{-1}$  kadardır.

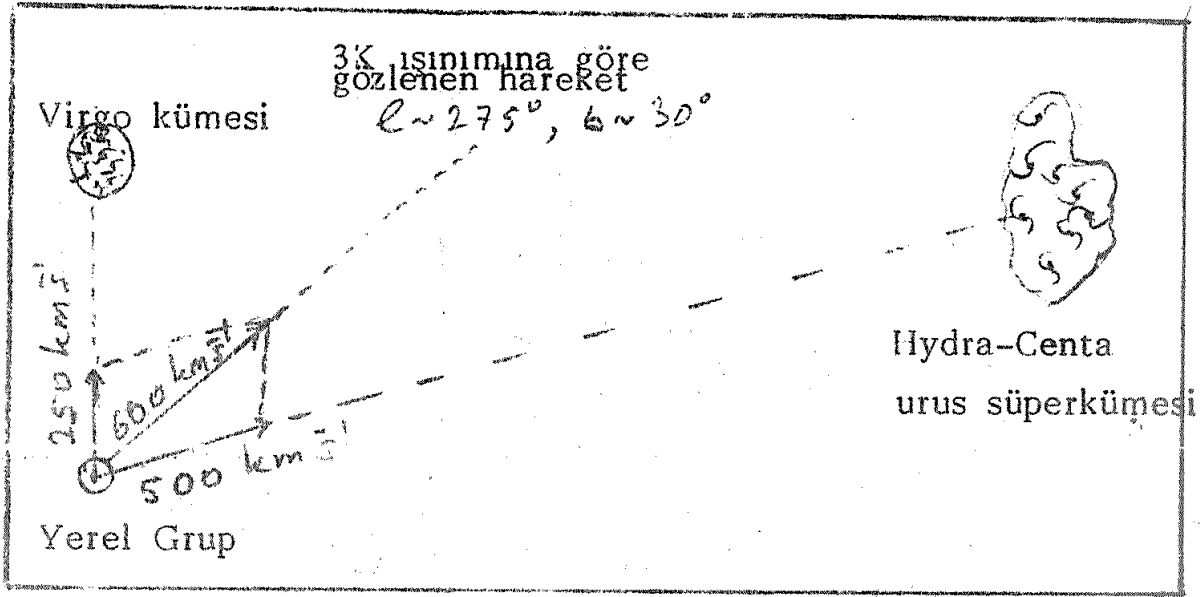
(iii). Yerel Sperkmenin arkaalan ışınıma göre hareketi

Yerel Grubun Sperkmeye göre önceki paragrafta bulunan hareketi, yani  $v_{YG} \approx 250 \text{ kms}^{-1}$  lik hız, Güneşin mikrodalga arkaalan ışınıma göre hareketini açıklamaktadır; hem yn hem büyüklüğü uyuşmamaktadır. Güneşin Yerel Gruba göre hızı  $V_{YBN} \sim 300 \text{ kms}^{-1}$ ,  $l \sim 90^\circ$ ,  $b \sim 0^\circ$  idi. Bu iki hızın yani  $V_{YG}$  ile  $V_{YBN}$ 'nin vektörel bileşimi Yerel Grubun arkaalan ışınıma göre hareketini verecektir:

$$V \sim 600 \pm 30 \text{ kms}^{-1}, l \sim 275^\circ, b \sim 30^\circ \quad (15)$$

Bunun doğrultusu Virgo'nun  $\sim 45^\circ$  kuzeyine düşmektedir. Gözlenen bu hareketin oluşması için Yerel Sperkmenin arkaalan ışınıma göre  $l \sim 280^\circ$ ,  $b \sim 20^\circ$  doğrultusunda  $V \sim 500 \text{ kms}^{-1}$  hızla hareket etmesi gerekmektedir (de Vauvouleurs ve Peters 1981ab, Tammann ve Sandage 1985, Lilje ve diğ. 1986). Bu harekete Yerel Sperkmeden daha uzak ve daha kütleli madde birikintilerinin kütlesel çekimi neden olabilir. Gerçekten  $500 \text{ kms}^{-1}$  lik bileşenin doğrultusu en yakın komşu sperkme Hydra-Centaurus ile çakışmaktadır. (Tammann ve Sandage 1985, Aaronson ve diğ. 1986). İlgili geometri şekil 7 de gösterilmiştir.

Aaronson ve diğ.(1986) Yerel Grubun, Virgo Sperkmesinden daha uzak kümelere göre hareketini araştırdılar. Kırmızıya kaymaları  $4000 \text{ kms}^{-1} - 11000 \text{ kms}^{-1}$  arasında olan yani uzaklıkları  $\gtrsim 75 \text{ Mpc}$  olan kümelere göre Yerel Grubun hızı olarak  $l=255^\circ \pm 17^\circ$ ,  $b=18^\circ \pm 13^\circ$  doğrultusunda  $V = 780 \pm 180 \text{ kms}^{-1}$  buldular. Bu sonuç arkaalan ışınımı gözlemlerinden bağımsızdır ve yanılığlar içinde doğrultu ve büyüklük olarak (15) ile iyi uyuşmaktadır. Bu, arkaalan ışınımda gözlenen iki kutupluluğun hareket olarak yorumunu desteklemektedir.



Şekil 7. Yerel Gurubun arkaalan ışınımına göre gözlenen  $600 \text{ km s}^{-1}$  lik hızının bileşenleri.

Özetlersek Güneş, Galaksinin merkezi çevresinde  $\approx 230 \text{ km s}^{-1}$  lik bir hızla dolanmaktadır. Galaksinin Yerel Grup içindeki hızı ise  $\sim 90 \text{ km s}^{-1}$  kadardır. Yerel Grup da Virgo kümesine doğru  $\sim 250 \text{ km s}^{-1}$  lik hızla düşmektedir. Virgo kümesini de içine alan Yerel Süperküme mikrodalga arkaalan ışınımına göre  $\sim 500 \text{ km s}^{-1}$  lik hızla hareket etmektedir. Bir üst mertebeden kümeleşmenin arkaalan ışınımına göre herhangi bir hareketi şimdiki ölçü duyarlılığına göre sezilmemektedir, belki de hız alanındaki eş yönlülüğe ulaşılmış demektir.

#### Kaynaklar

- Aaronson, M., Bothun, G., Mould, J., Huchra, J., Schommer, R.A. ve Cornell, M.E. 1986. *Astrophys. J.* 302, 536.  
 Aslan, Z. 1981. *Mon. Not. R. astr. Soc* 195, 31  
 Blitz, L. 1979. *Astrophys. J.* 231, L115.  
 Burton, W.B. 1976. *Ann. Rev. Astr. Astrophys.* 14, 275

- Burton, W.B., ve Gordon, M.A. 1978, *Astron. Astrophys.* 63, 7.
- Chini, R., ve Wink, J.E. 1984. *Astron. Astrophys.* 139, L5.
- Davis, M. ve Peebles, P.J.E. 1983. *Ann. Rev. Astron. Astrophys.* 21, 104
- de Vaucouleurs, G. 1976 *Astrophys. J.* 205, **13**
- de Vaucouleurs, G. ve Peters, W.L. 1981. *Astron. Astrophys.* 248, 395
- de Vaucouleurs, G. ve Peters, W.L. 1981 *Astron. Astrophys.* 248, 405
- Dersler, A. 1984 *Astrophys. J.* 281, 512
- Hron, J. 1987. *Astron. Astrophys.* 176, 34
- Kerr, F.J. ve Lynden-Bell, D. 1986. *Mon. Not. R. astr. Soc.* 221, 1023
- Knapp, G.R. "Kinematics, Dynamics and Structure of Milky Way"  
S. 233, Reidel, Dordrecht, Holland, ~~1983~~
- Lilje, P.B., Yahil, A. ve Jones, B.J. 1986. *Astr. Astrophys.* 307, 91
- Lynden-Bell, D. ve Lin, D.N.C. 1977. *Mon. Not. R. astr. Soc.* 181, 37
- Mayor, M. 1970. *Astr. Astrophys.* 6, 60
- Mihalas, D. ve Binney, J. 1981. "Galactic Astronomy" Freeman and Co. U.S.A.
- Oort, J.H. 1965 "Galactic Structure" Ed. A. Blaauw ve M. Schmidt.  
Univ. Chicago Press. 21 Bölüm.
- Pierce, M. ve Tully, R.B. 1988. *Astron. Astrophys.* 330, 579
- Schmidt, M. 1965 "Galactic Structure" Ed. A. Blaauw ve M. Schmidt.  
Univ. Chicago Press. 22. Bölüm.
- Schwan, H. 1988. *Astron. Astrophys.* 198, 166
- Schuter, W.L.H. 1981. *Mon. Not. R. astr. Soc.* 194, 851
- Tammann, G.A. ve Sandage, A. 1985. *Astron. Astrophys.* 294, 81
- Tonry, J.L. ve Davis, M. 1981. *Astron. Astrophys.* 246, 680
- van Albada, T.S., Bahcall, J.N., Begeman, K., ve Sancisi, R. 1985.  
*Astrophys J.* 295, 305
- Woolley, R.v.d.R., Martin, W.L., Penston, M.J., Sinclair, J.E. ve  
Aslan, S. 1977. *Mon. Not. R. astr. Soc.* 179, 81.